

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 7 月 24 日 (24.07.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/060969 A1

(51) 国際特許分類: H01L 21/283, 21/205, C23C 16/52

[JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号  
Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/00363

(22) 国際出願日: 2003 年 1 月 17 日 (17.01.2003)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河南 博 (KAN-  
NAN, Hiroshi) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五  
丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo  
(JP). 松岡 孝明 (MATSUOKA, Takaaki) [JP/JP]; 〒107-  
8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクト  
ロン株式会社内 Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2002-8465 2002 年 1 月 17 日 (17.01.2002) JP

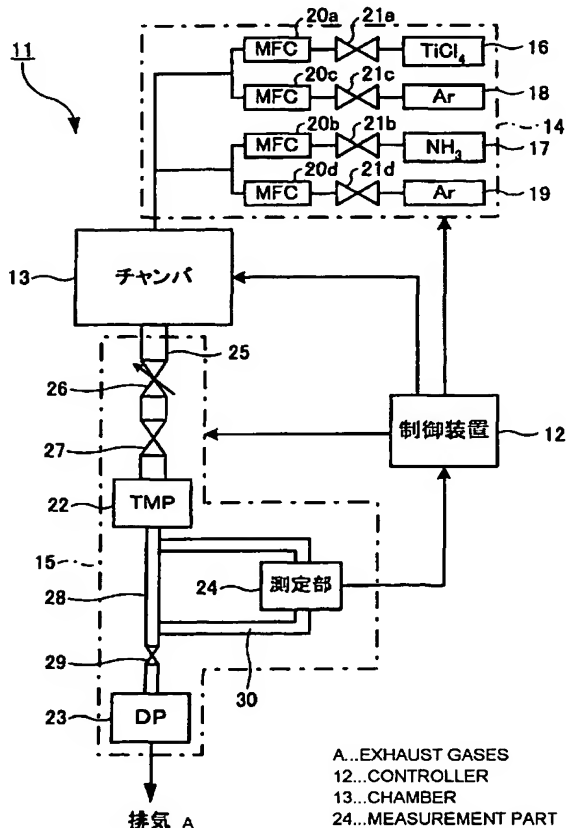
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エ  
レクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)

(74) 代理人: 木村 満 (KIMURA, Mitsuru); 〒101-0054 東  
京都 千代田区 神田錦町二丁目 7 番地 協販ビル 2 階  
Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PROCESSING DEVICE AND PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 処理装置および処理方法



(57) Abstract: A processing device, wherein an exhaust line (15) connected to a chamber (13) is formed of a TMP (22) and a dry pump (23), the chamber (13) and the TMP (22) are connected to each other through a first exhaust pipe (25) and the TMP (22) and the dry pump (23) are connected to each other through a second exhaust pipe (28), a measurement part (24) monitors the partial pressure of  $\text{TiCl}_4$  or  $\text{NH}_3$  in exhaust gases flowing through the second exhaust pipe (28), two types of processing gases are alternately fed into the chamber (13) for a specified time, and when the partial pressure of  $\text{TiCl}_4$  or  $\text{NH}_3$  in the exhaust gases of one fed processing gas is reduced to a specified value, a controller (12) starts to feed the other processing gas.

A...EXHAUST GASES  
12...CONTROLLER  
13...CHAMBER  
24...MEASUREMENT PART

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

チャンバ (13) に接続された排気ライン (15) は、TMP (22) と、ドライポンプ (23) と、から構成されている。チャンバ (13) と TMP (22) とは、第 1 の排気管 (25) によって接続され、また、TMP (22) とドライポンプ (23) とは第 2 の排気管 (28) によって接続されている。測定部 (24) は、第 2 の排気管 (28) を流れる排気ガス中の  $\text{TiCl}_4$  または  $\text{NH}_3$  の分圧をモニタしている。チャンバ (13) 内には、2 種の処理ガスが交互に所定時間供給され、供給された一方の処理ガスの排気ガス中の分圧が所定値まで減少すると、制御装置 (12) は他方の処理ガスの供給を開始する。

## 明細書

## 処理装置および処理方法

## 5 技術分野

本発明は、半導体ウェハ等の被処理体に、成膜処理などの所定の処理を施す処理装置および処理方法に関する。

## 背景技術

- 10 現在、半導体集積回路の微細化、高集積化により、基板等の基板表面に形成される配線溝等のパターンの微細化が進行している。このため、配線金属の下地膜として薄膜を形成する場合など、微細な配線溝内に極めて薄い膜を均一に、良好なカバレッジで形成することが求められる。この要請に応じて、近年、良好な膜質で、原子層レベルの膜を形成可能な方法として、原子層堆積法 (Atomic Layer Deposition : A L D) と呼ばれる方法が開発されている。

A L Dは、例えば、以下のような工程から構成される。以下に示す例では、配線パターン (配線溝) が形成された基板の表面に、四塩化チタンガスおよびアンモニアガスを用いて、窒化チタンからなる下地膜を形成する場合について説明する。

- 20 まず、チャンバ内に基板を収容し、チャンバ内を真空引きする。続いて、チャンバ内に四塩化チタンガスを導入する。これにより、基板の表面に四塩化チタン分子が多原子層に吸着する。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージし、これにより、基板表面に吸着したほぼ1原子層分の四塩化チタン分子を残して、チャンバ内から四塩化チタンを除去する。
- 25 パージ後、チャンバ内にアンモニアガスを導入する。これにより、基板の表面に吸着した四塩化チタン分子とアンモニア分子とが反応して、基板の表面にほぼ1原子層分の窒化チタン層が形成される。このとき、形成された窒化チタン層の上には、アンモニア分子が多原子層に吸着している。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージし、窒化チタン層上に吸着したほぼ1原子層分のアンモニア分子を残して、チャンバ内からアンモニアを除去する。
- 30

続いて、再び、四塩化チタンガスをチャンバ内に導入する。これにより、吸着したアンモニア分子と四塩化チタンとが反応して新たな1原子層分の窒化チタン層が形成される。すなわち、この状態ではほぼ2原子層の窒化チタン層が形成されていることになる。

- 5 また、このとき、窒化チタン層上には四塩化チタン分子が多原子層に吸着している。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージすることにより、窒化チタン層上にほぼ1原子層分の四塩化チタンが吸着した状態となる。その後、上記のように、アンモニアガスの導入、パージ、四塩化チタンガスの導入、パージ、…、というように、チャンバ内の雰囲気を変化させ、所定の
- 10 原子層に相当する厚さの窒化チタン層を形成する。例えば、チャンバ内のガス雰囲気を数十～数百回切り替えることにより、数nm～数十nmの窒化チタン膜を形成することができる。なお、不活性ガスによるパージの代わりに、真空排気を行っても良い。

- 上記ALDにおいて、チャンバ内へのガスの供給および停止の切り換えは、
- 15 チャンバ内の実際の状態にかかわらず、予め実験等により求めた処理シーケンスに基づいて行われる。このため、チャンバ内の原料ガスが実際には十分にパージされないうちに次の原料ガスが導入されると、気相中で四塩化チタンとアンモニアとが反応してしまう。このような気相反応は、基板上に形成される膜の品質を低下させる。従って、チャンバ内の実際の状態を示す情報
- 20 に基づいてガス供給を制御することが望ましい。

- チャンバ内の状態に関する情報に基づいてプロセスを制御する方法として、チャンバを真空引きする排気ラインに、排気ガスから所定の情報、例えば、所定物質の濃度に関する情報を取得する測定装置を設ける方法がある。例えば、日本国特開平9-134912号公報には、排気ガス中の所定物質の濃度を検出
- 25 し、チャンバ内の所定物質の濃度が一定となるように制御する半導体製造装置が開示されている。

- ここで、排気ラインは、チャンバに接続されたターボ分子ポンプ(TMP)等の主ポンプと、主ポンプに接続されたドライポンプ(DP)等の副ポンプ(あらびきポンプ)と、を備える。副ポンプはチャンバ内を主ポンプが動作
- 30 可能な中程度の真空状態まで減圧し、その後、主ポンプが高真空状態まで減

圧する。上記の排気ガスから所定の情報を取得する構成では、測定装置は排気ラインのTMPの給気側に設けられる。

しかし、TMPの給気側は、チャンバとほぼ同様の低圧状態にあり、排気ガス中の物質濃度は低い。また、TMPの吸気能力に応じて、チャンバとTMPとを接続する管は比較的大径であるため、管内における物質濃度のばらつきが比較的大きくなる。このため、十分に高い測定感度が得られず、また、検出位置によって測定値がばらつき、信頼性の高い情報が得られない虞がある。このような場合、特に、原子層レベルの緻密な膜を形成するALDでは、膜質が低下するなど、処理の信頼性が低下する。

10 また、ALDに限らず、成膜、エッチング等の他の処理を行う処理装置についても同様のことがいえる。すなわち、日本国特開平 6-120149 号公報等に記載されているような、排気ラインにパーティクルを検出するパーティクルモニタ装置を配置し、排気中のパーティクル量をモニタする構成を有する処理装置が開示されている。この場合、排気管が比較的大径であるため、排気  
15 管中のパーティクル分布のばらつきが大きくなり、パーティクル量の高精度の検出ができず、処理の信頼性が低下する可能性がある。

このように、従来の排気ガスから所定の情報を取得し、取得した情報に基づいてプロセスを制御する処理装置は、低圧であり比較的配置径の大きい、主ポンプの給気側で情報を取得するため、十分に信頼性の高い情報が得られ  
20 ず、精度の高いプロセス制御が行われない虞があった。

#### 発明の開示

上記事情を鑑みて、本発明は、チャンバの排気ガスから所定の情報を取得し、取得した情報に基づいて、精度の高いプロセス制御を行うことができる  
25 処理装置および処理方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る処理装置は、チャンバを備え、前記チャンバ内で被処理体に所定の処理を施す処理手段と、

前記チャンバに接続され、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する  
30 第1排気手段と、

前記第 1 排気手段に接続され、前記第 1 排気手段が動作可能な圧力まで前記チャンバ内を排気する第 2 排気手段と、

前記第 1 排気手段と前記第 2 排気手段との間に配置され、前記チャンバから排気される排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得手段と、

5 前記情報取得手段にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ内の状態を判別して前記処理手段を制御する制御手段と、

を備える、ことを特徴とする。

上記構成では、第 1 排気手段（例えば、ターボ分子ポンプ）と、第 1 排気手段よりも高圧で作動する第 2 排気手段（例えば、ドライポンプ）と、の間  
10 を流れる排気ガス中の所定物質の情報（例えば、濃度）を取得する。第 1 排気手段の排気側（第 1 排気手段と第 2 排気手段との間）は、第 1 排気手段の吸気側（チャンバと第 1 排気手段との間）よりも高圧になる（真空度が低い）ので、この部分を流れる排気ガスの物質濃度は相対的に高くなり分析感度が向上する。従って、信頼性の高い情報の取得が可能となり、高精度のプロセ  
15 ス制御が行える。

上記目的を達成するため、本発明の第 2 の観点に係る処理装置は、

チャンバを備え、前記チャンバ内で被処理体に所定の処理を施す処理部と、

前記チャンバに第 1 排気管を介して接続され、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第 1 排気部と、

20 前記第 1 排気部の排気側に、前記第 1 排気管よりも小径の第 2 排気管を介して接続され、前記第 1 排気部が動作可能な圧力まで前記チャンバ内を排気する第 2 排気部と、

前記チャンバから排気され、前記第 2 排気管を流れる排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得部と、

25 前記情報取得部にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ内の状態を判別して前記処理部を制御する制御部と、

を備える、ことを特徴とする。

上記構成では、第 1 排気部（例えば、ターボ分子ポンプ）と、第 1 排気部よりも高圧で作動する第 2 排気手段（例えば、ドライポンプ）と、を接続す  
30 る比較的小径の第 2 排気管を流れる排気ガス中の所定物質の情報（例えば、

濃度、パーティクル量)を取得する。第1排気管内よりも高圧で(真空度が低く)、かつ、第1排気管より小径の第2排気管内では、物質濃度が相対的に高く、またそのばらつきが少ないことから、信頼性の高い情報の取得が可能となり、高精度のプロセス制御が行える。

- 5 上記処理装置は、さらに、前記第2排気管から分岐し、前記第2排気管を流れる前記排気ガスをバイパスする測定管を備えてもよく、前記情報取得部は前記測定管を流れる前記排気ガスから前記情報を取得してもよい。

上記処理装置は、前記情報取得部に、前記所定物質の濃度を測定する赤外分光分析装置又は質量分析装置を備え、前記制御部は、前記情報取得部の測定した前記所定物質の濃度に基づいて、前記処理部を制御するようにしても良い。ここで、赤外分光分析装置としては、フーリエ変換赤外分光装置(F T - I R)が好ましく、質量分析装置としては、四重極型質量分析が望ましい。

上記処理装置は、前記情報取得部に、前記排気ガス中のフラグメント物質の分布を測定する赤外分光装置を備え、前記制御部は、前記情報取得部の測定した前記フラグメント物質の分布に基づいて、前記処理部を制御するようにしても良い。ここで、赤外分光分析装置としては、フーリエ変換赤外分光装置(F T - I R)が望ましい。

上記目的を達成するため、本発明の第3の観点に係る処理装置は、  
20 チャンバと、

前記チャンバに接続され、前記チャンバ内に複数の処理ガスのうち1の処理ガスを所定時間供給するガス供給手段と、

前記チャンバに接続され、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1排気手段と、

25 前記第1排気手段に接続され、前記第1排気手段が動作可能な圧力まで前記チャンバ内を排気する第2排気手段と、

前記第1排気手段と前記第2排気手段との間に配置され、前記チャンバから排気される排気ガス中の前記処理ガスの量を測定する測定手段と、

前記測定手段にて測定される前記処理ガスの量に基づいて、前記ガス供給  
30 手段による他の処理ガスの供給を制御する制御手段と、

を備える、ことを特徴とする。

すなわち、上記構成の処理装置は、チャンバ内のガス雰囲気を繰り返し置換して処理を行う、例えば、原子層堆積法（ALD）等の処理に適用可能であり、ガスの切り換えを高精度に制御可能であることから、信頼性が高く、かつ、生産性の高い処理を行うことが可能となる。

上記構成において、例えば、前記制御手段は、前記排気ガス中の前記処理ガスの量が、所定量まで減少したときに、前記ガス供給手段による前記チャンバ内への他の処理ガスの供給を開始する。

上記目的を達成するため、本発明の第4の観点に係る処理装置は、

- 10 内部で被処理体に所定の処理を行うチャンバと、  
前記チャンバ内を清浄化するためのクリーニングガスを供給して前記チャンバ内をクリーニングするクリーニング手段と、

前記チャンバに接続され、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1排気手段と、

- 15 前記第1排気手段に接続され、前記第1排気手段が動作可能な圧力まで前記チャンバ内を排気する第2排気手段と、

前記第1排気手段と前記第2排気手段との間に配置され、前記チャンバから排気される排気ガス中の汚染物質に関する情報を取得する情報取得手段と、

- 前記情報取得手段にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ内の汚染状態を判別して前記クリーニング手段を制御する制御手段と、  
20 を備える、ことを特徴とする。

すなわち、上記構成の処理装置は、チャンバのドライクリーニングに適用可能であり、高精度にクリーニングを制御可能であることから、過度のクリーニング等が防がれた、効率的なクリーニングが可能となる。

- 25 上記構成において、例えば、前記汚染物質はパーティクルであり、前記制御手段は、前記排気ガス中の前記パーティクル量が所定量以上となったときに、前記チャンバ内をクリーニングするようにしてもよい。ここで、前記情報取得手段は、パーティクル量を測定する装置として、光学式カウンタを備えることが望ましい。

- 30 上記処理装置は、さらに、前記情報取得手段に、前記排気ガス中の前記ク



リーニングにより発生した副生成物の量を測定する副生成物測定手段を備え、前記制御手段は、前記副生成物測定手段にて測定される前記副生成物の量に基づいて、前記クリーニング手段を制御するようにしてもよい。ここで、副生成物測定手段としては、四重極型質量分析計又はF T - I Rが好ましい。

- 5 上記処理装置は、さらに、前記情報取得手段に、前記排気ガス中の金属元素の種類及び量を測定する質量分析装置を備え、前記制御手段は、前記情報取得手段にて測定される前記金属元素の種類及び量に基づいて、前記クリーニング手段を制御するようにしてもよい。ここで、質量分析装置としては、四重極型質量分析計が好ましい。
- 10 上記目的を達成するため、本発明の第5の観点に係る処理方法は、  
内部に被処理体を収容するチャンバにて所定の処理を行う処理工程と、  
前記チャンバに接続される主排気部により、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1の排気工程と、  
前記主排気部に接続される副排気部により、前記チャンバ内を前記第1の  
15 排気工程により排気可能な圧力まで排気する第2の排気工程と、  
を備える処理方法であって、  
前記第1の排気工程により前記チャンバから排気され前記主排気部と前記副排気部との間を流れる排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得工程と、  
20 前記情報取得工程にて取得した前記情報に基づいて前記チャンバ内の状態を判別して前記処理を制御する制御工程と、  
を備える、ことを特徴とする。  
上記構成の方法では、主排気部と、主排気部よりも高圧で作動する副排気部と、の間を流れる排気ガス中の所定物質の情報（例えば、濃度）を取得す  
25 る。主排気部の吸気側と比較して、主排気部の排気側（主排気部と副排気部との間）は、相対的に高圧である（真空度が低い）。そのため、排気ガス中の物質濃度が比較的高くなり分析感度が向上するので、信頼性の高い情報の取得が可能となり、高精度のプロセス制御が行える。

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る処理装置の構成を示す図である。

図 2 は、図 1 に示す測定部の構成を示す図である。

図 3 は、図 1 に示す処理装置の成膜処理時の動作を示すフローである。

図 4 は、排気ガス中の物質分圧の変化プロファイルを示す図である。

5 図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る処理装置の構成を示す図である。

図 6 は、図 5 に示す測定部の構成を示す図である。

図 7 は、排気ガス中のパーティクル量の変化プロファイルを示す図である。

図 8 は、第 2 の実施の形態の処理装置の変形例を示す図である。

図 9 は、排気ガス中の  $\text{SiF}_4$  量の変化プロファイルを示す図である。

10

発明を実施するための最良の形態

以下、本実施の形態にかかる処理装置及び処理方法について、図面を参照して説明する。

(第 1 の実施形態)

15 第 1 の実施の形態では、四塩化チタン ( $\text{TiCl}_4$ ) ガスとアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) ガスとを真空排気を挟んでチャンバ内に交互に供給して、半導体ウェハ (以下、ウェハ) の表面に窒化チタン ( $\text{TiN}$ ) 膜を、いわゆる原子層成膜法 (Atomic Layer Deposition: ALD) を用いて成膜する処理装置を例として説明する。

20 図 1 に、本実施の形態にかかる処理装置 11 の構成を示す。

図 1 に示すように、処理装置 11 は、制御装置 12 と、チャンバ 13 と、ガス供給ライン 14 と、排気ライン 15 と、を備える。

制御装置 12 は、後述する、成膜処理に関する処理装置 11 全体の動作を制御する。なお、理解を容易にするため、制御装置 12 の動作の詳細につい

25 ては省略する。

チャンバ 13 は、真空引き可能に構成され、その内部に被処理体であるウェハが収容される。チャンバ 13 の内部において、ウェハに後述する ALD 処理が施され、 $\text{TiN}$  膜が形成される。

ガス供給ライン 14 は、 $\text{TiCl}_4$  源 16 と、 $\text{NH}_3$  源 17 と、2 つのアルゴン ( $\text{Ar}$ ) 源 18, 19 と、を備え、各ガス源 16, 17, 18, 19 は、

30

チャンバ 13 に MFC (Mass Flow Controller) 等の流量制御装置 20 a, 20 b, 20 c, 20 d と、バルブ 21 a, 21 b, 21 c, 21 d と、を介してそれぞれ接続されている。ガス供給ライン 14 から、チャンバ 13 内に  $TiCl_4$  ガスおよび  $NH_3$  ガスが、Ar ガスにより希釈されて供給される。

- 5 排気ライン 15 は、ターボ分子ポンプ (TMP) 22 と、ドライポンプ (DP) 23 と、測定部 24 と、を備える。排気ライン 15 はチャンバ 13 に接続され、排気ライン 15 を介してチャンバ 13 は排気され、所定の圧力状態まで減圧される。

- TMP 22 は、チャンバ 13 と第 1 の排気管 25 を介して接続されている。
- 10 第 1 の排気管 25 には、可変流量バルブ 26 と、バルブ 27 と、がチャンバ 13 側から順に設けられている。TMP 22 は、チャンバ 13 内を高真空状態に減圧する。また、可変流量バルブ 26 は、チャンバ 13 内を所定の高真空状態に保持する。第 1 の排気管 25 は、TMP 22 の排気速度、長さ等から、例えば、50 mm 程度の内径とされている。なお、TMP 22 の代わり
- 15 にメカニカルドラッグポンプ等の他の高真空形成用のポンプを用いてもよい。

- ドライポンプ 23 は、TMP 22 の排気側に第 2 の排気管 28 によって接続されている。TMP 22 とドライポンプ 23 との間には、バルブ 29 が設けられている。ドライポンプ 23 は、あらびきポンプとして機能し、チャンバ 13 内を TMP 22 が作動可能な圧力とする。ドライポンプ 23 の排気側
- 20 は、図示しない除害装置に接続されており、排気ライン 15 を通過した排気ガスは無害化されて大気に放出される。

- 第 2 の排気管 28 は、ドライポンプ 23 の排気速度、長さ等から、例えば、40 mm 程度の内径とされる。ここで、ドライポンプ 23 は TMP 22 よりも排気容量が小さく、従って、第 2 の排気管 28 は第 1 の排気管 25 よりも
- 25 小径となる。

測定部 24 は、その両端が第 2 の排気管 28 に接続されたバイパス管 30 の途中に設けられている。バイパス管 30 の両端は、バルブの給気側に接続されている。バイパス管 30 は、第 2 の排気管 28 とほぼ同一の内径を有する。なお、バイパス管 30 の両端にバルブを設けてもよい。

- 30 測定部 24 は、バイパス管 30 を通る排気ガス中の  $TiCl_4$  ガスの分圧と、

NH<sub>3</sub>ガスの分圧と、を測定し、モニタしている。測定部24の構成を図2に示す。測定部24は、いわゆるFT-IR（フーリエ変換赤外分光装置）の構成を有し、図2に示すように、本体部31と、検出部32と、から構成されている。

- 5 本体部31は、赤外光を出射する光源33と、出射された光の光路上に配置されて所定方向に反射する反射鏡34と、反射鏡34によって反射された光の光路上に配置された干渉計35と、制御装置12に接続された演算部36と、から構成されている。

干渉計35は、反射鏡34で反射された光が導かれ、この光を複数の光に  
10 分岐するビームスプリッタ37と、ビームスプリッタ37で分岐された光のそれぞれの光路上に配置されている固定鏡38および移動鏡39と、移動鏡39を駆動する駆動機構40と、から構成される。また、駆動機構40は演算部36に接続されている。

検出部32は、バイパス管30を介した本体部31の反対側に配置されて  
15 いる。バイパス管30の管壁には、石英等からなる窓部30aが設けられ、本体部31から出射された光が窓部30aを介してバイパス管30を通過する構成となっている。検出部32は、バイパス管30を通過した光の光路上に配置され、この光を所定方向に反射する反射鏡41と、反射鏡41から反射された光を受光する検出器42と、から構成されている。検出器42は、  
20 本体部31の演算部36に接続されている。

上記構成の測定部24は、以下のように排気ガス中の所定物質、すなわち、TiCl<sub>4</sub>およびNH<sub>3</sub>の分圧を測定する。演算部36は、光源33から赤外光が出射された状態で、駆動機構40により移動鏡39を動かす。これにより、移動鏡39に入反射する光と、固定鏡38に入反射する光と、の光路差  
25 が変化し、2つの鏡38、39で反射されてビームスプリッタ37で再び合成された合成光は互いに干渉しあい、時間的に強度が変化する。この合成光が窓部30aを介してバイパス管30内を通過する。バイパス管30を通過した光は反射鏡41で集光され、検出器42に導かれる。

検出器42は、受光した光の光強度データを演算部36に送出する。演算  
30 部36は、検出器42が検出した光強度の時間変化（インターフェログラム）

をフーリエ変換し、赤外吸収スペクトルを得る。演算部 36 は、得られた赤外吸収スペクトルから、バイパス管 30 を通過する排気ガス中の所定物質の分圧を算出する。演算部 36 は、この分圧の時間変化をモニタしており、分圧が所定値に達すると、制御装置 12 にその旨を示す信号を送出する。制御装置 12 は、受け取った信号に基づいて、ガス供給ライン 14 からのチャンバ 13 内へのガス供給の制御を行う。

上記のように、測定部 24 は TMP 22 の排気側に配置されており、排気ガス中の  $\text{TiCl}_4$  および  $\text{NH}_3$  の分圧の測定は、TMP 22 の排気側で行われる。ここで、TMP 22 の排気側は給気側よりも高圧であり（真空度が低く）、排気ガス中の物質濃度（分圧）は相対的に高い。このため、TMP 22 の給気側で測定する場合よりも高い測定感度を得られ、信頼性の高い情報（分圧データ）が得られる。

また、バイパス管 30 は第 2 の排気管 28 と同径であり、第 1 の排気管 25 よりも小径である。このため、バイパス管 30 内での物質分布のばらつきは、TMP 22 の給気側で測定する場合よりも小さく、光学的な測定によっても測定値のばらつきの小さい、信頼性の高い情報が取得される。

このように、TMP 22 の排気側に設けられた測定部 24 から得られる、信頼性の高い情報に基づいて、制御装置 12 は、チャンバ 13 内のガスの切り換え等のプロセスを高い精度で制御することができる。また、排気時間を最適化して、スループットの向上を図ることができる。

以下、第 1 の実施の形態の処理装置 11 の動作について、図 3 を参照して説明する。なお、図 3 に示すフローは一例であり、同様の結果物が得られるものであれば、いかなる構成であってもよい。

まず、制御装置 12 は、チャンバ 13 内にウェハを搬入する（ステップ S11）。その後、ドライポンプ 23 により、チャンバ 13 内を所定の圧力まで減圧し、さらに、TMP 22 により、例えば、 $4 \times 10^2 \text{ Pa}$  (3 Torr) まで減圧し、維持する（ステップ S12）。

次いで、処理装置 11 は、バルブ 21a, 21c を開放して  $\text{TiCl}_4$  ガスおよび Ar ガスの供給を開始する（ステップ S13）。ここで、 $\text{TiCl}_4$  ガスおよび Ar ガスは、例えば、 $\text{TiCl}_4 / \text{Ar} = 30 \text{ sccm} / 1000 \text{ s}$

1000 s c c mの流量で供給される。チャンバ13内へのガスの供給は、所定時間、例えば、0.5秒間行う。TiCl<sub>4</sub>ガスの供給により、ウェハの表面には、TiCl<sub>4</sub>分子が多層に吸着する。

制御装置12は、その後、バルブ21a, 21cを閉鎖し、TiCl<sub>4</sub>ガス  
5 およびArガスの供給を停止する。ガス供給の停止後、チャンバ13内は排気され、チャンバ13内のTiCl<sub>4</sub>ガスは除去される（ステップS14）。このとき、排気は、チャンバ13内のTiCl<sub>4</sub>分圧が十分に低くなるまで行われ、例えば、排気ガス中のTiCl<sub>4</sub>の分圧が、例えば、 $10^{-1}$  Pa ( $0.75 \times 10^{-3}$  Torr) 未満となるまで行われる。チャンバ13内の排気は、  
10 ウェハの表面に吸着したほぼ1層分のTiCl<sub>4</sub>分子を残してチャンバ13内からTiCl<sub>4</sub>分子が除去され、TiCl<sub>4</sub>が、後に供給されるNH<sub>3</sub>と気相中で反応しない濃度となるまで行われる（ステップS15）。

ここで、測定部24は、処理の開始時点から常に排気中の物質分圧をモニタしている。測定部24がモニタしている排気中のTiCl<sub>4</sub>分圧およびNH  
15 <sub>3</sub>分圧の変化プロファイルを、図4に概略的に示す。

図4に示すように、チャンバ13内にTiCl<sub>4</sub>ガスが所定時間( $\tau_1$ )供給された後、排気ガス中のTiCl<sub>4</sub>分圧は、次第に減少する。測定部24は、例えば、排気ガス中のTiCl<sub>4</sub>分圧が、所定の分圧(D1)まで減少した時点（ガスの供給停止から $\tau_2$ 時間後）で、制御装置12にチャンバ13内の  
20 排気が完了したことを示す信号を送出する。

測定部24から上記信号を受け取ると、制御装置12は、バルブ21b, 21dを開放してNH<sub>3</sub>ガスおよびArガスの供給を開始する（図3、ステップS16）。ここで、NH<sub>3</sub>ガスおよびArガスは、例えば、NH<sub>3</sub>/Ar = 1000 s c c m / 100 s c c mの流量で供給される。チャンバ13内への  
25 ガスの供給は、所定時間、例えば、0.5秒間行う。このとき、NH<sub>3</sub>分子はウェハ上に吸着したTiCl<sub>4</sub>分子と反応してほぼ1原子層分のTiN層が形成される。また、TiN層の上には、NH<sub>3</sub>分子が多層に吸着している。

制御装置12は、その後、バルブ21b, 21dを閉鎖し、NH<sub>3</sub>ガスおよびArガスの供給を停止する。ガス供給の停止後、チャンバ13内は排気さ  
30 れ、チャンバ13内のNH<sub>3</sub>ガスは除去される（ステップS17）。このとき、

排気は、チャンバ13内の $\text{NH}_3$ 分圧が十分に低くなるまで行われ、例えば、排気ガス中の $\text{NH}_3$ の分圧が、 $10^{-2}\text{Pa}$  ( $0.75 \times 10^{-4}\text{Torr}$ ) 未満となるまで行われる。チャンバ13内の排気は、 $\text{TiN}$ 層上に吸着したほぼ1層分の $\text{NH}_3$ 分子を残してチャンバ13内から $\text{NH}_3$ 分子が除去され、 $\text{NH}_3$ が、後に供給される $\text{TiCl}_4$ と気相中で反応しない濃度となるまで行われる (ステップS18)。

図4に示すように、チャンバ13内に $\text{NH}_3$ ガスが所定時間 ( $\tau_3$ ) 供給された後、排気ガス中の $\text{NH}_3$ 分圧は次第に減少する。測定部24は、例えば、排気ガス中の $\text{NH}_3$ 分圧が、基準値分圧 ( $D_2$ ) まで減少した時点 (ガスの供給停止から  $\tau_4$  時間後) で、制御装置12にチャンバ13内の排気が完了したことを示す信号を送出する。

このようにして、ステップS13からステップS18にわたる $\text{TiCl}_4$ ガスの供給、排気、 $\text{NH}_3$ ガスの供給、排気からなる1サイクル分の工程が行われる。制御装置12は、測定部24から上記信号を受け取ると、図3のステップS13に戻り、 $\text{TiCl}_4$ ガスおよび $\text{Ar}$ ガスの供給を行い、新たなサイクルを開始する。

制御装置12は、ステップS13において、 $\text{TiCl}_4$ ガスをチャンバ13内に所定時間供給する。これにより、 $\text{TiN}$ 層上に吸着した $\text{NH}_3$ 分子と $\text{TiCl}_4$ 分子とが反応して、ほぼ1原子層の $\text{TiN}$ 層が新たに形成される。また、この $\text{TiN}$ 層上には、 $\text{TiCl}_4$ 分子が多層に吸着している。

続いて、制御装置12は、ステップS14において、 $\text{TiCl}_4$ ガスおよび $\text{Ar}$ ガスの供給を停止し、これにより、チャンバ13内の $\text{TiCl}_4$ は排気、除去される。排気は、図4に示すように、 $\text{TiCl}_4$ 分圧が所定分圧 ( $D_1$ ) に減少するまで (ガスの供給停止から  $\tau_2'$  時間) 行われる。

続いて、測定部24から排気中の $\text{TiCl}_4$ 分圧が所定分圧以下に達したことを示す信号を受け取ると (ステップS15)、制御装置12は、 $\text{NH}_3$ ガスおよび $\text{Ar}$ ガスの供給を所定時間行う (ステップS16)。これにより、 $\text{TiN}$ 層上に吸着した $\text{TiCl}_4$ 分子と $\text{NH}_3$ 分子とが反応して新たな $\text{TiN}$ 層 (3層目) が形成される。また、この $\text{TiN}$ 層上には $\text{NH}_3$ 分子が多層に吸着している。

NH<sub>3</sub>ガスおよびArガスの供給停止後、制御装置12は、チャンバ13内を排気し、NH<sub>3</sub>を除去する（ステップS17）。このとき、排気は、図4に示すように、TiCl<sub>4</sub>分圧が所定の分圧（D2）に減少するまで（ガスの供給停止からτ4'時間）行われる。これにより、2サイクル目の工程が終了する。

以下、上記サイクルを繰り返すことにより、TiN層をほぼ1原子層ごとに形成され、積層される。上記サイクルは、ウェハ上に所定厚さのTiN層が形成されるまで繰り返される。ステップS19において、所定サイクル数繰り返されたと判別すると、制御装置12は、チャンバ13内にArガスを供給するとともに、チャンバ13内を所定圧力、例えば、チャンバ13外部のウェハの搬送領域とほぼ同様の圧力とする（ステップS20）。その後、チャンバ13内からウェハが搬出され（ステップS21）、処理は終了する。

以上説明したように、第1の実施の形態によれば、TMP22の排気側において、排気ガスからチャンバ13内の情報（濃度分圧）を取得して、取得した情報に基づいてチャンバ13内のプロセス（ALD）を制御している。

TMP22の排気側は、吸気側と比較して相対的に圧力が高い（真空度が低い）ため測定感度が向上し、また、配管径が比較的小さいので、測定値のばらつき等は小さく抑えられる。よって、TMP22の排気側で取得した情報に基づいて、精度の高いプロセス制御を行うことにより、膜の品質を高く維持できるなど、信頼性の高い処理が可能となる。

上記第1の実施の形態では、FT-IRの構成を有する測定部24を用い、所定物質の排気ガス中の量（分圧）を求めるものとした。しかし、所定物質の量を測定する手段は、FT-IRに限らず、他の光学的測定手段、濃度計、四重極型質量分析計等の質量分析装置などの、他の測定手段であってもよい。しかし、赤外分光分析装置としては、気相中の物質であってもその赤外線吸収スペクトルが容易に得られ効率的な分析が可能なFT-IRが好ましい。また、質量分析装置としては、気相中の物質をその電荷状態（質量電荷比）により判別し、排気ガス中の物質の種類及び量を効率的かつ容易に測定可能な四重極型質量分析計が望ましい。ここで、四重極質量分析計は、4つの電極を備え、これらに正負の直流電圧と交流電圧とを所定の比で印加し、直流



電圧（又は交流電圧）を線形的に変化させることにより得られる、電極間を通過可能な質量電荷比（ $m/z$ ）を有する荷電粒子の強度スペクトルから、所定の物質の量等を測定する装置である。

上記第1の実施の形態では、測定部24が $TiCl_4$ および $NH_3$ の濃度分5 圧をモニタし、所定分圧に達したときにその旨を制御装置12に送るものとした。しかし、測定部24は、制御装置12に検出した分圧データを送り、制御装置12が分圧をモニタし、所定分圧に達したかを判別するようにしてもよい。

上記第1の実施形態では、測定部24が処理（膜形成の原料）ガスである10  $TiCl_4$ および $NH_3$ の濃度分圧を測定すると説明した。しかし、チャンバ内の状態を判別するための所定物質に関する情報としては、上記の濃度分圧に限定されず、処理ガスの解離状態を示す所定物質のフラグメントイオン等の量若しくは種類であっても良く、これらを測定部24により、検出するようにしても良い。

15 上記第1の実施の形態では、 $TiCl_4$ と $NH_3$ とを用いて、ウェハの表面に $TiN$ 膜を形成するものとした。しかし、用いる物質、および、成膜する膜の種類は、これに限られない。 $TiN$ 膜の他に、 $AlO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $TaN$ 、 $SiO_2$ 、 $SiN$ 、 $SiON$ 、 $WN$ 、 $WSi$ 、 $RuO_2$ 等、他の金属膜であってもよい。また、この場合、使用するガス種は、 $TiCl_4$ の代わりに、20  $TaBr_5$ 、 $Ta(OC_2H_5)_5$ 、 $SiCl_4$ 、 $SiH_4$ 、 $Si_2H_6$ 、 $SiH_2Cl_2$ 、 $WF_6$ 等のいずれか1種を用い、 $NH_3$ の代わりに、 $N_2$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ 、 $NO$ 、 $N_2O$ 、 $N_2O_3$ 、 $N_2O_5$ 等のいずれか1種を用いることができる。

また、ウェハ上に所定厚さの $TiN$ 等の膜が形成された後で、チャンバ内をパージするために使用するパージガスは、 $Ar$ に限定されず、不活性なガ25 スであればよく、例えば、窒素、ネオン等を用いてもよい。

また、第1の実施の形態に係る処理装置11は、アニール等の他の処理を行う処理装置と、インラインで接続され、または、クラスタリングされてもよい。

また、一枚ずつウェハに処理を施す枚葉式の処理装置11に限らず、バツ30 チ式の処理装置に適用してもよい。

また、第1の実施の形態に係る発明は、ALDに限らず、他の成膜処理、酸化処理、エッチング処理等、複数種のガスを用い、プロセス雰囲気を高速に切り替える必要のあるすべての処理に適用することができる。

(第2の実施形態)

- 5 第2の実施の形態では、半導体ウェハ（以下、ウェハ）等の被処理体の表面に、チャンバ内でのプラズマ処理により酸化シリコン等のシリコン系膜を成膜する処理装置のドライクリーニングを例として説明する。処理装置のドライクリーニングは、フッ素系ガス（三フッ化窒素（ $\text{NF}_3$ ））のプラズマをチャンバ内に通すことにより行う。
- 10 図5に第2の実施の形態に係る処理装置11の構成を示す。図5に示すように、処理装置11は、制御装置12と、チャンバ13と、クリーニングガス供給ライン50と、排気ライン15と、を備える。

制御装置12は、後述する、成膜処理、クリーニング処理等の処理装置11全体の動作を制御する。なお、理解を容易にするため、制御装置12の動作の詳細については省略する。

チャンバ13は、真空引き可能に構成され、その内部に被処理体であるウェハが収容される。チャンバ13は、高周波電源等を備える図示しないプラズマ発生機構を備え、内部にプラズマを発生可能に構成されている。プラズマ発生機構によりチャンバ13の内部においてウェハ表面にプラズマ処理が

20 施され、酸化シリコン等のシリコン系膜が形成される。

クリーニングガス供給ライン50は、クリーニングガスとしての $\text{NF}_3$ ガスを供給する $\text{NF}_3$ 源51と、希釈ガスとしてのArガスを供給するAr源52と、を備える。また、クリーニングガス供給ライン50は、その内部を通過するガスを活性化するアクチベータ53が設けられている。 $\text{NF}_3$ 源51およびAr源52は、バルブ54a、54bおよびMFC55a、55bを介してアクチベータ53に接続されている。

25

アクチベータ53は、図示しないプラズマ発生機構を備え、内部を通過するガスの、例えば、ECR（Electron Cyclotron Resonance）プラズマ、誘導結合型プラズマ（Inductive Coupled Plasma：ICP）等の高密度プラズマを発生させる。アクチベータ53は、その内部を通過するクリーニングガ

30

クリーニングガス ( $\text{NF}_3$ ) をプラズマ状態とし、発生したフッ素ラジカルを選択的に排気する。

上記構成により、クリーニング時には、クリーニングガス供給ライン 50 から、フッ素ラジカルを主成分とするクリーニングガスがチャンバ 13 内に 5 供給される。フッ素はシリコンと結合性が高く、チャンバ 13 内に付着、堆積したシリコン系膜は、クリーニングガスにより高速かつ効果的に除去（エッチング）される。

排気ライン 15 は、ターボ分子ポンプ (TMP) 22 と、ドライポンプ 23 (DP) と、測定部 56 と、を備える。排気ライン 15 はチャンバ 13 に 10 接続され、排気ライン 15 を介してチャンバ 13 は排気され、所定の圧力状態まで減圧される。

TMP 22 は、チャンバ 13 と第 1 の排気管 25 を介して接続されている。第 1 の排気管 25 には、可変流量バルブ 26 と、バルブと、がチャンバ 13 側から順に設けられている。TMP 22 は、チャンバ 13 内を所定の真空状態に減圧する。また、可変流量バルブ 26 は、チャンバ 13 内を所定の真空状態に保持する。第 1 の排気管 25 は、TMP 22 の排気速度、長さ等から、例えば、50 mm 程度の内径とされている。

ドライポンプ 23 は、TMP 22 の排気側に第 2 の排気管 28 によって接続されている。TMP 22 とドライポンプ 23 との間には、バルブが設けら 20 れている。ドライポンプ 23 は、あらびきポンプとして機能し、チャンバ 13 内を TMP 22 が作動可能な圧力とする。ドライポンプ 23 の排気側は、図示しない除害装置に接続されており、排気ライン 15 を通過した排気ガスは無害化されて大気に放出される。

第 2 の排気管 28 は、ドライポンプ 23 の排気速度、長さ等から、例えば、 25 40 mm 程度の内径とされている。ここで、ドライポンプ 23 は TMP 22 よりも排気容量が小さく、従って、第 2 の排気管 28 は第 1 の排気管 25 よりも小径となる。

測定部 56 は、TMP 22 の排気側に接続された第 2 の排気管 28 に取り付けられている。測定部 56 は、処理の間、第 2 の排気管 28 内を流れるガ 30 ス中のパーティクル量を測定している。パーティクルは、チャンバ 13 内に

付着、堆積した膜がある程度大きくなって剥離することなどによって発生し、歩留まり低下の原因となる。従って、排気ガス中のパーティクル量をモニタすることにより、チャンバ13の汚染状態を知ることができる。

排気ガスをモニタしている測定部56は、パーティクル量が所定量に達すると、制御装置12にその旨を示す信号を送出する。制御装置12は、この信号に基づいて、成膜処理を一旦終了し、クリーニング処理を開始する。なお、測定部56は、バルブの給気側と排気側とのどちらに設けられていてもよい。

測定部56の構成を、図6に示す。図6に示すように、測定部56は、光源57と、光ストッパ58と、光センサ59と、演算部60と、から構成される。

光源57は、レーザダイオード等から構成され、レーザ光を出射する。光源57は、第2の排気管28の外壁の近傍に配置されている。第2の排気管28には、石英あるいは水晶からなる窓部28aが設けられている。光源57から出射したレーザ光は、窓部28aを介して第2の排気管28の内部に照射される。光源57は、第2の排気管28のほぼ直径上を通過するようにレーザ光を照射する。なお、レーザ光は、管内に流れるガス中のパーティクル量を定量的に観測可能であれば、直径上以外でも、管内をどのように通過する構成であってもよい。

光ストッパ58は、第2の排気管28の内壁の、レーザ光の光路上に配置されている。光ストッパ58は、レーザ光を吸収して反射を防止する部材、例えば、無反射コーティングを施したサファイヤ板から構成されている。なお、光ストッパ58を第2の排気管28の外壁の近傍に設け、前述した石英等と同様にレーザ光が通過可能な透過窓を介してレーザ光を吸収するようにしてもよい。

光センサ59は、フォトダイオード等の受光素子から構成されている。光センサ59は、第2の排気管28の外壁の近傍に設けられている。光センサ59近傍の第2の排気管28の管壁には、石英あるいは水晶からなる窓部28bが設けられている。窓部28bは、第2の排気管28の長手方向を法線とする略同一平面上に、窓部28aと約90°の角度をなすように形成され

されている。

光センサ 5 9 は、第 2 の排気管 2 8 の内部を通過する排気ガス中のパーティクルによって散乱される光を受光する。光センサ 5 9 は演算部 6 0 に接続され、演算部 6 0 に電気パルスを出力する。これにより、演算部 6 0 は光センサ 5 9 が受光した光の量に関する情報を取得する。

演算部 6 0 は、光センサ 5 9 が受光した光の量から、パーティクル量を算出する。制御装置 1 2 に接続された演算部 6 0 は、算出したパーティクル量が所定量に達すると、制御装置 1 2 にその旨を示す信号を送る。制御装置 1 2 は、受け取った信号に基づき、成膜処理を終了させた後にクリーニング処理を開始する。

ここで、上述したように、測定部 5 6 は、TMP 2 2 の排気側に設けられている。TMP 2 2 の排気側（第 2 の排気管 2 8）は給気側（第 1 の排気管 2 5）と比べて高圧であり（真空度が低く）、このため、管内を通過する気体中のパーティクル密度は相対的に大きくなり、高い検出感度が得られる。

また、管径が比較的小さいことから、パーティクルの管内における分布のばらつきは比較的小さい。従って、レーザ光の光路上にあるパーティクルの分布は比較的均一であり、ばらつき等の少ない信頼性の高いパーティクル量の検出が可能となる。

以下、図 5 に示す第 2 の実施の形態の処理装置 1 1 の動作について、図 7 を参照して説明する。なお、以下に示す動作は、一例であり、同様の結果が得られるものであれば、どのような構成であってもよい。

処理装置 1 1 は、チャンバ 1 3 内で、ウェハに一枚ずつプラズマ処理を施し、ウェハの表面にシリコン系膜（酸化シリコン膜）を成膜する。処理装置 1 1 は、多数枚のウェハに連続的に成膜処理を施す。処理装置 1 1 が作動している間、測定部 5 6 は、排気ガス中のパーティクル量をモニタしている。

連続的な成膜処理に伴い、チャンバ 1 3 内に発生するパーティクルの量は次第に増加してゆく。排気ガス中のパーティクル量が、図 7 に示すように、所定量（P 1）に達すると、測定部 5 6 は制御装置 1 2 にその旨を示す信号を送る。

制御装置 1 2 は、この信号を受け取ると、この時点で処理を施しているウ

ウェハを最後として、成膜処理を一旦終了する。最後のウェハをチャンバ13内から搬出した後、制御装置12は、クリーニング処理を開始する。なお、信号受信後、所定枚数の、または、このウェハが含まれるロットすべてのウェハの処理が終了した後に、クリーニング処理を開始するようにしてもよい。

- 5 クリーニング処理の開始後、まず、制御装置12は、チャンバ13内にダミーウェハを搬入する。次いで、チャンバ13内を所定の真空度、例えば、 $10^2 \text{ Pa}$  ( $0.75 \text{ Torr}$ ) まで減圧し、クリーニングガス供給ライン50からのクリーニングガスのチャンバ13への供給を開始する。クリーニングガスは、例えば、 $\text{NF}_3/\text{Ar} = 500 \text{ sccm}/1000 \text{ sccm}$ で供給  
10 される。

クリーニングガスの供給により、パーティクルの原因となるチャンバ13内に付着、堆積したシリコン系膜等は、四フッ化シラン等に分解され、除去される。従って、図7に示すように、チャンバ13からの排気ガス中に含まれるパーティクル量は次第に減少してゆく。

- 15 測定部56は、パーティクル量が所定量(P2)まで減少すると、クリーニングが完了したことを示す信号を制御装置12に送る。制御装置12は、この信号を受け取ると、クリーニングガスの供給を停止する。チャンバ13内からクリーニングガスが排出されるのに十分な時間が経過した後、ダミーウェハをチャンバ13から搬出する。以上でクリーニング処理を終了し、  
20 制御装置12は再び成膜処理を開始する。

- 以上説明したように、第2の実施の形態によれば、TMP22の排気側において、排気ガスからチャンバ13内の情報(パーティクル量)を取得して、取得した情報に基づいてチャンバ13内プロセス(クリーニング)を制御している。TMP22の排気側は、配管径の比較的小さいことから、測定値の  
25 ばらつき等は避けられる。よって、信頼性の高い情報に基づいた、精度の高いプロセス制御が行われ、過度のクリーニングを防ぐことができ、また、クリーニング時間の短縮が可能となる。

- 上記第2の実施の形態では、第2の排気管28に直接測定部56を設けるものとした。しかし、第2の排気管28にバイパス管を設け、バイパス管の  
30 途中に測定部56を設ける構成としてもよい。

上記第2の実施の形態では、パーティクル量に基づいてクリーニング処理を制御する構成とした。しかし、チャンバ内の汚染状態を判別するための情報は、排気ガス中のパーティクル量に限定されず、チャンバ13内に発生する金属コンタミ等の他の汚染物質に関する情報であってもよく、これらの情報に基づいてクリーニングを開始するようにしてもよい。ここで、金属コンタミを分析する装置としては、気相中の金属元素を効率的に測定可能な前述した四重極型質量分析計が好ましい。

また、図8に示すように、さらに質量分析器、FT-IR等を設け、クリーニング時に堆積膜が分解して発生するクリーニング副生成物ガス（例えば、四フッ化シラン、酸素等）の量をモニタする構成としてもよい。

図8に示す構成では、パーティクル量を測定する測定部56の排気側に、クリーニング副生成物の量を測定する、四重極型質量分析器等の質量分析器61が配置されている。なお、質量分析器61は測定部56の給気側に配置してもよい。

図8に示す構成では、パーティクル量が所定量以上となった後にクリーニングが開始される。クリーニング時、排気中のクリーニング副生成物の量は、質量分析器61によってモニタされている。

図9に、クリーニングガス副生成物（例えば、四フッ化シラン（ $\text{SiF}_4$ ））の変化プロファイルを概略的に示す。図9に示すように、排気中の $\text{SiF}_4$ の量は、クリーニングの進行と共に $\text{SiF}_4$ は増大し、やがて、減少に転じる。制御装置12は、 $\text{SiF}_4$ の量が所定量まで減少した時点で、クリーニングガスの供給を停止する。

上記第2の実施の形態では、測定部56がパーティクル量をモニタし、所定量に達したときにその旨を制御装置12に送るものとした。しかし、測定部56は、制御装置12に検出したパーティクル量データを送り、制御装置12がパーティクル量をモニタし、所定量に達したかを判別するようにしてもよい。

また、一枚ずつウェハに処理を施す枚葉式の処理装置に限らず、バッチ式の処理装置に適用してもよい。

上記第2の実施の形態では、シリコン系膜、特にフッ化酸化シリコン膜を

成膜する場合を例として説明した。しかし、成膜する膜の種類は、シリコン酸化膜等の他のシリコン系膜、又は、他のいかなる種類の膜であってもよい。

上記第2の実施の形態では、クリーニングガスとして、フッ素系ガス、特に、 $\text{NF}_3$ を用いるものとした。しかし、クリーニングに用いるガスは、これ  
5に限られない。例えば、 $\text{NF}_3$ の代わりに、 $\text{F}_2$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 等のフッ素系ガス、または、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{BCl}_4$ 等の塩素系ガスを使用することができる。また、 $\text{Ar}$ で希釈する代わりに、他の不活性ガス、例えば、窒素、ネオン等で希釈してもよい。

上記第2の実施の形態では、クリーニングガスのプラズマをチャンバ13  
10チャンバ13内に導入するものとした。しかし、クリーニングガスである $\text{NF}_3$ をチャンバ13内に供給して、チャンバ13内でプラズマを発生させる構成としてもよい。

さらに、第2の実施の形態に係る装置は、プラズマ処理装置に限らず、エッチング装置、スパッタ装置、熱処理装置等の他の装置にも適用可能である。  
15 本発明の精神及び範囲を逸脱することなく、当業者により上記の実施形態に種々の改良等が加えられるであろう。上記の実施形態は、図解目的であり、本発明の範囲を限定するものではない。従って、本発明の範囲は、上記記載を参照するのではなく、下記のクレームが権利を与えられる均等の全範囲に沿って決定されるべきである。

20 本出願は、日本国特許出願特願2002-8465（2002年1月17日受理）を基礎とするものであり、その明細書、請求の範囲、図面及び要約書の内容を含む。この出願の全ての内容は、ここで、援用される。

#### 産業上の利用の可能性

25 上記第1及び第2の実施形態においては、第1排気手段であるTMP22の排気側において、排気ガスからチャンバ13内の情報を取得して、取得した情報に基づいてチャンバ13内のプロセス（ALD又はクリーニング）を制御している。第1排気手段の排気側は、比較的圧力が高い（真空度が低い）ために測定感度が向上し、また、配管径が比較的小さいことから、測定値の  
30ばらつきを小さく抑えられる。従って、取得した情報に基づいて、高精度の



プロセス制御により、信頼性の高い処理が可能となる。

さらに、第 1 の実施の形態に係る処理装置及び処理方法は、ALDに限らず、他の成膜処理、酸化処理、エッチング処理等、複数種のガスを用い、プロセス雰囲気を高速に切り替える必要のある任意の処理に適用することができる。

また、第 2 の実施の形態に係る処理装置及び処理方法は、プラズマ処理装置を使用したクリーニング処理に限らず、エッチング装置、スパッタ装置、熱処理装置等の他の装置及び他の処理にも適用可能である。

なお、本発明は、半導体ウェハに限らず、液晶表示装置用の基板にも適用  
10 することができる。

以上説明したように、本発明によれば、チャンバの排気ガスから所定の情報を取得し、取得した情報に基づいて、精度の高いプロセス制御を行うことができる処理装置および処理方法が提供される。

## 請求の範囲

1. チャンバ（13）を備え、前記チャンバ（13）内で被処理体に所定の処理を施す処理手段（14、50）と、
- 5 前記チャンバ（13）に接続され、前記チャンバ（13）内を所定の真空圧力まで排気する第1排気手段（22）と、
- 前記第1排気手段（22）に接続され、前記第1排気手段（22）が動作可能な圧力まで前記チャンバ（13）内を排気する第2排気手段（23）と、
- 前記第1排気手段（22）と前記第2排気手段（23）との間に配置され、
- 10 前記チャンバ（13）から排気される排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得手段（24、56、61）と、
- 前記情報取得手段（24、56、61）にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ（13）内の状態を判別して前記処理手段を制御する制御手段（12）と、
- 15 を備える、ことを特徴とする処理装置（11）。
2. チャンバ（13）を備え、前記チャンバ（13）内で被処理体に所定の処理を施す処理部（14、50）と、
- 前記チャンバ（13）に第1排気管（25）を介して接続され、前記チャンバ内（13）を所定の真空圧力まで排気する第1排気部（22）と、
- 20 前記第1排気部（22）の排気側に、前記第1排気管（25）よりも小径の第2排気管（28）を介して接続され、前記第1排気部（22）が動作可能な圧力まで前記チャンバ（13）内を排気する第2排気部（23）と、
- 前記チャンバ（13）から排気され、前記第2排気管（28）を流れる排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得部（24、56、61）
- 25 と、
- 前記情報取得部（24、56、61）にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ（13）内の状態を判別して前記処理部（14、50）を制御する制御部（12）と、
- を備える、ことを特徴とする処理装置。
- 30 3. さらに、前記第2排気管（28）から分岐し、前記第2排気管（28）を流れる前記排気ガスをバイパスする測定管（30）を備え、前記情報取得

部（２４，５６，６１）は前記測定管（３０）を流れる前記排気ガスから前記情報を取得する、ことを特徴とする請求項２に記載の処理装置。

４．前記情報取得部（２４，５６，６１）は、前記所定物質の濃度を測定する赤外分光分析装置（２４）又は質量分析装置（６１）を備え、前記制御部  
５ は（１２）、前記情報取得部（２４，５６，６１）の測定した前記所定物質の濃度に基づいて、前記処理部（１４，５０）を制御する、ことを特徴とする請求項２に記載の処理装置。

５．前記情報取得部（２４，５６，６１）は、前記排気ガス中のフラグメント物質の分布を測定する赤外分光分析装置（２４）を備え、前記制御部（１  
１０ ２）は、前記情報取得部の（２４，５６，６１）測定した前記フラグメント物質の分布に基づいて、前記処理部（１４，５０）を制御する、ことを特徴とする請求項２に記載の処理装置。

６．チャンバ（１３）と、

前記チャンバ（１３）に接続され、前記チャンバ（１３）内に複数の処理  
１５ ガスのうち１の処理ガスを所定時間供給するガス供給手段（１４，５０）と、  
前記チャンバ（１３）に接続され、前記チャンバ内（１３）を所定の真空圧力まで排気する第１排気手段（２２）と、

前記第１排気手段（２２）に接続され、前記第１排気手段（２２）が動作可能な圧力まで前記チャンバ（１３）内を排気する第２排気手段（２３）と、  
２０ 前記第１排気手段（２２）と前記第２排気手段（２３）との間に配置され、前記チャンバ（１３）から排気される排気ガス中の前記処理ガスの量を測定する測定手段（２４，５６，６１）と、

前記測定手段（２４，５６，６１）にて測定される前記処理ガスの量に基づいて、前記ガス供給手段（１４，５０）による他の処理ガスの供給を制御  
２５ する制御手段（１２）と、

を備える、ことを特徴とする処理装置。

７．前記制御手段（１２）は、前記排気ガス中の前記処理ガスの量が、所定量まで減少したときに、前記ガス供給手段（１４，５０）による前記チャンバ（１３）内への他の処理ガスの供給を開始する、ことを特徴とする請求項  
３０ ６に記載の処理装置。

８．内部で被処理体に所定の処理を行うチャンバ（１３）と、

前記チャンバ（１３）内を清浄化するためのクリーニングガスを供給して前記チャンバ内をクリーニングするクリーニング手段（５０）と、

前記チャンバ（１３）に接続され、前記チャンバ（１３）内を所定の真空圧力まで排気する第１排気手段（２２）と、

- ５ 前記第１排気手段（２２）に接続され、前記第１排気手段（２２）が動作可能な圧力まで前記チャンバ（１３）内を排気する第２排気手段（２３）と、

前記第１排気手段（２２）と前記第２排気手段（２３）との間に配置され、前記チャンバ（１３）から排気される排気ガス中の汚染物質に関する情報を取得する情報取得手段（２４，５６，６１）と、

- １０ 前記情報取得手段（２４，５６，６１）にて取得される前記情報に基づいて前記チャンバ（１３）内の汚染状態を判別して前記クリーニング手段（５０）を制御する制御手段（１２）と、

を備える、ことを特徴とする処理装置。

- ９．前記汚染物質はパーティクルであり、前記制御手段（１２）は、前記排気ガス中の前記パーティクル量が所定量以上となったときに、前記チャンバ内（１３）をクリーニングする、ことを特徴とする請求項６に記載の処理装置。

１０．前記情報取得手段（２４，５６，６１）は、前記排気ガス中のパーティクル量を測定する光学式カウンタ（５６）

- ２０ を備える、ことを特徴とする請求項９に記載の処理装置。

１１．さらに、前記情報取得手段（２４，５６，６１）は、前記排気ガス中の前記クリーニングにより発生した副生成物の量を測定する副生成物測定手段（２４，６１）を備え、

- 前記制御手段（１２）は、前記副生成物測定手段（２４，６１）の測定した前記副生成物の量に基づいて、前記クリーニング手段（５０）を制御する、ことを特徴とする請求項６又は９に記載の処理装置。

- １２．前記情報取得手段（２４，５６，６１）は、前記排気ガス中の金属元素の種類及び量を測定する質量分析装置（６１）を備え、前記制御手段（１２）は、前記情報取得手段（２４，５６，６１）の測定した金属元素の種類及び量に基づいて、前記クリーニング手段（５０）を制御することを特徴とする請求項６に記載の処理装置。

- 1 3. 内部に被処理体に収容するチャンバにて所定の処理を行う処理工程と、  
前記チャンバに接続される主排気部により、前記チャンバ内を所定の真空  
圧力まで排気する第1の排気工程と、  
前記主排気部に接続される副排気部により、前記チャンバ内を前記第1の  
5 排気工程により排気可能な圧力まで排気する第2の排気工程と、  
を備える処理方法であって、  
前記第1の排気工程により前記チャンバから排気され前記主排気部と前記  
副排気部との間を流れる排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報  
取得工程と、  
10 前記情報取得工程にて取得した前記情報に基づいて前記チャンバ内の状態  
を判別して前記処理を制御する制御工程と、  
を備える、ことを特徴とする処理方法。
- 1 4. 内部に被処理体に収容するチャンバにて所定の処理を行う処理工程と、  
前記チャンバに第1の排気管を介して接続される主排気部により、前記チ  
15 ャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1の排気工程と、  
を備える処理方法であって、  
前記主排気部に前記第1の排気管よりも小径の第2の排気管を介して接続  
される副排気部により、前記チャンバ内を前記第1の排気工程により排気可  
能な圧力まで排気する第2の排気工程と、  
20 前記第1の排気工程により前記チャンバから排気され前記第2の排気管を  
流れる排気ガス中の所定物質に関する情報を取得する情報取得工程と、  
前記情報取得工程にて取得した前記情報に基づいて前記チャンバ内の状態  
を判別して前記処理を制御する制御工程と、  
を備える、ことを特徴とする処理方法。
- 25 1 5. 前記第2の排気工程において、前記第2の排気管と前記第2の排気管  
を流れるガスをバイパスするための測定管とを介して前記主排気部に接続さ  
れる副排気部により、前記チャンバ内を排気し、  
前記情報取得工程において、前記測定管を流れる前記排気ガスから前記情  
報を取得する、ことを特徴とする請求項1 4に記載の処理方法。
- 30 1 6. 前記情報取得工程において、赤外分光分析装置又は質量分析装置によ  
り、前記所定物質の濃度を測定し、前記制御工程において、前記情報取得工

程にて測定された前記濃度に基づいて前記処理を制御する、ことを特徴とする請求項14に記載の処理方法。

17. 内部に被処理体に収容するチャンバ内に複数の処理ガスのうち1の処理ガスを所定時間供給するガス供給工程と、

- 5 前記チャンバに接続される主排気部により、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1の排気工程と、

前記主排気部に接続される副排気部により、前記チャンバ内を前記第1の排気工程により排気可能な圧力まで排気する第2の排気工程と、

- 前記第1の排気工程により前記チャンバから排気され前記主排気部と前記副排気部との間を流れる排気ガス中の前記処理ガスの量を測定する測定工程と、

前記測定工程にて測定した前記処理ガスの量に基づいて、前記ガス供給工程における他の処理ガスの供給を制御する制御工程と、

を備える、ことを特徴とする処理方法。

- 15 18. 内部に被処理体に収容するチャンバにて所定の処理を行う処理工程と、

前記チャンバ内を清浄化するためのクリーニングガスを供給して前記チャンバ内をクリーニングするクリーニング工程と、

前記チャンバに接続される主排気部により、前記チャンバ内を所定の真空圧力まで排気する第1の排気工程と、

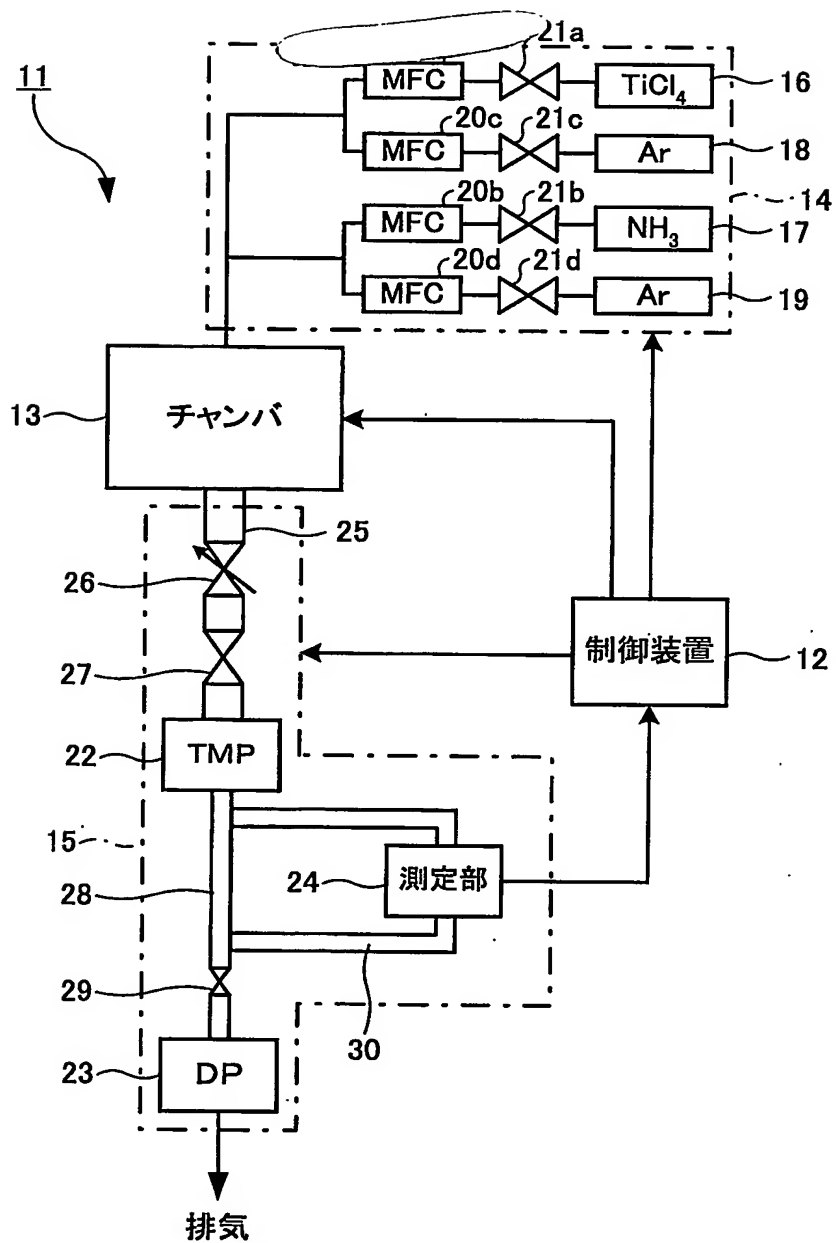
- 20 前記主排気部に接続される副排気部により、前記チャンバ内を前記第1の排気工程により排気可能な圧力まで排気する第2の排気工程と、

前記第1の排気工程により前記チャンバから排気され前記主排気部と前記副排気部との間を流れる排気ガス中の汚染物質に関する情報を取得する情報取得工程と、

- 25 前記情報取得工程にて取得した前記情報に基づいて、前記チャンバ内の汚染状態を判別して前記クリーニング工程における前記チャンバ内のクリーニングを制御する制御工程と、

を備える、ことを特徴とする処理方法。

1 / 9



**図 1**





3/9

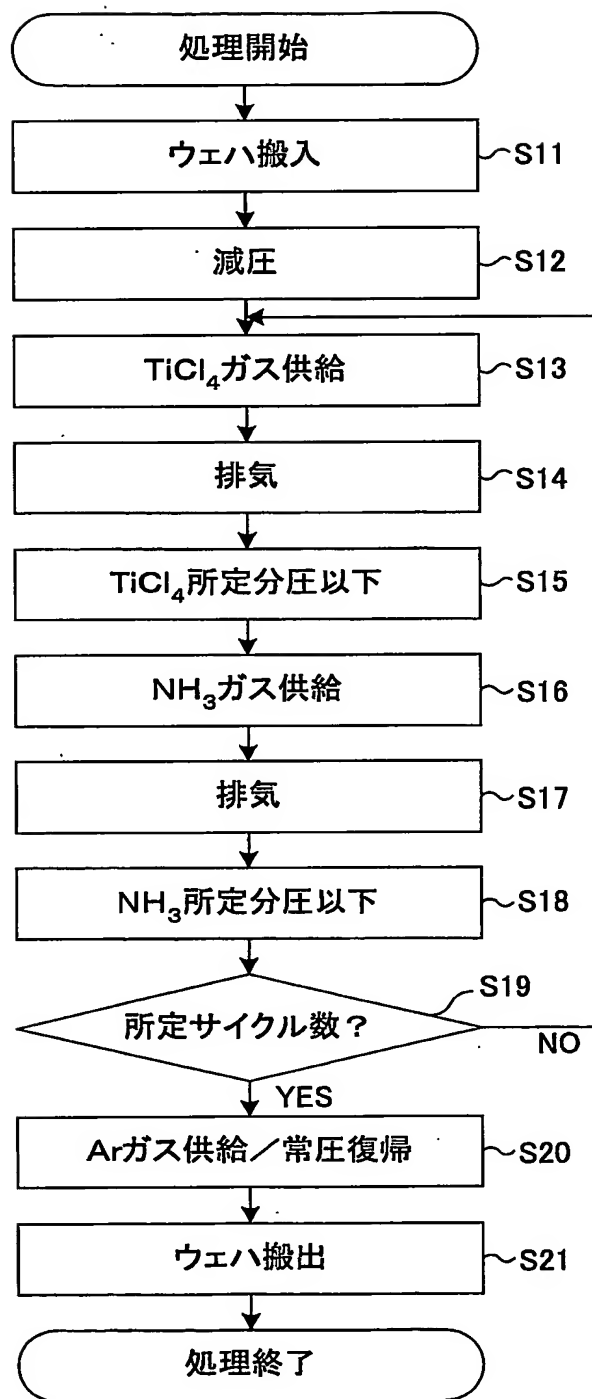


図3

4/9

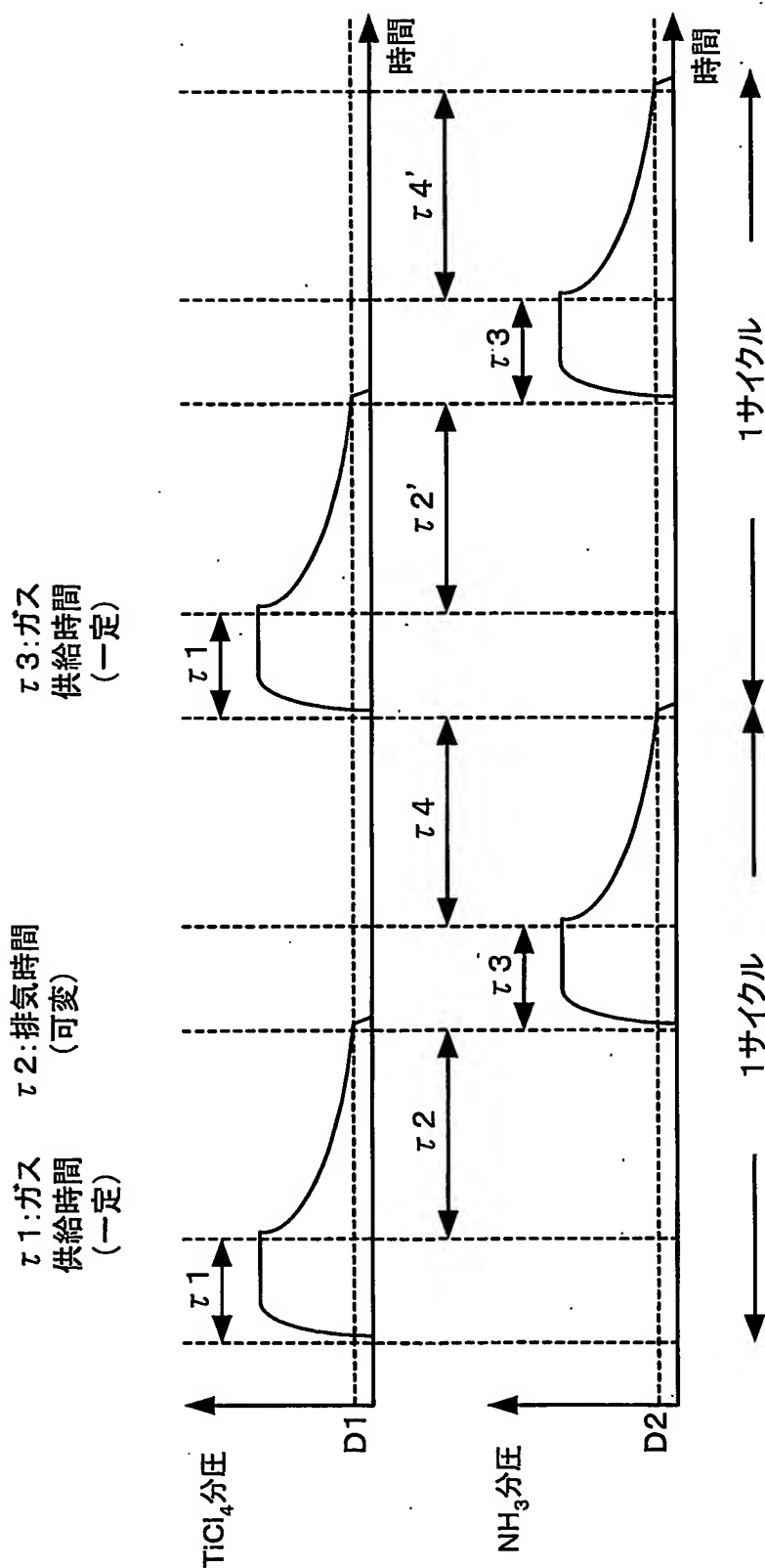


図4

5/9

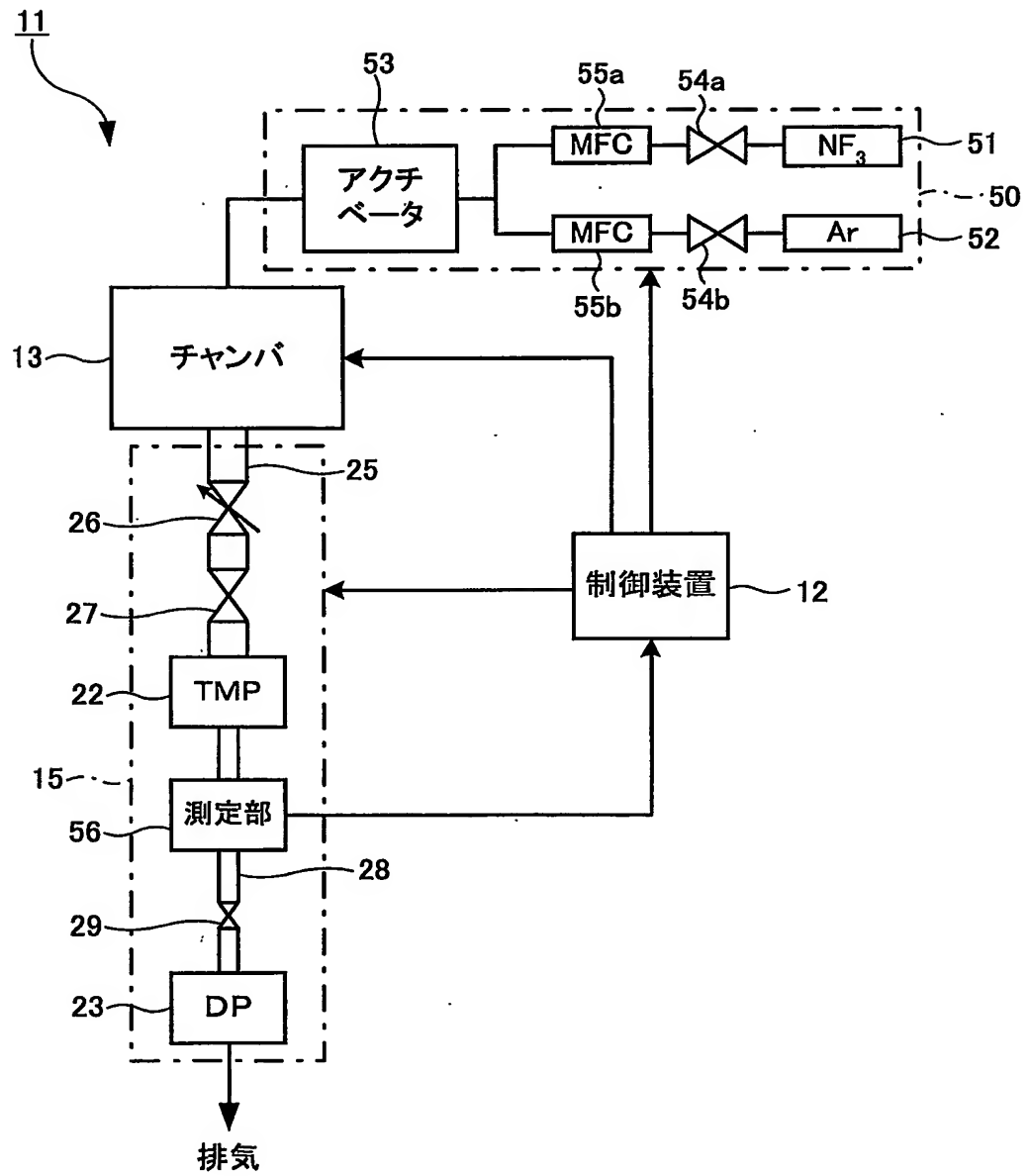


図5

6/9

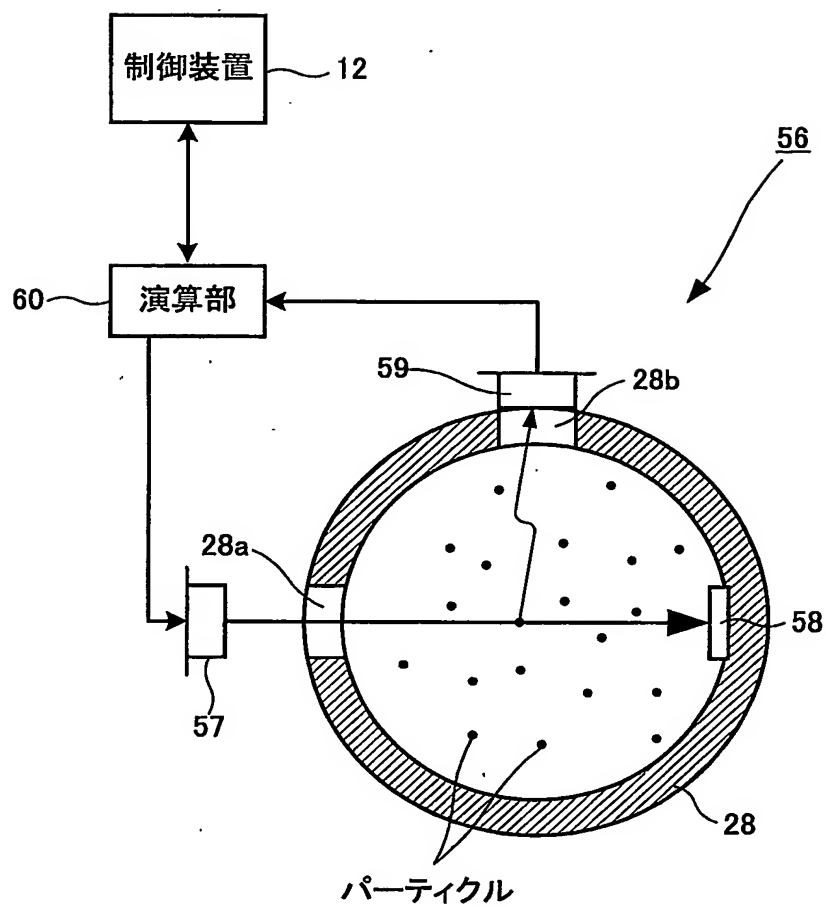


図6

7/9

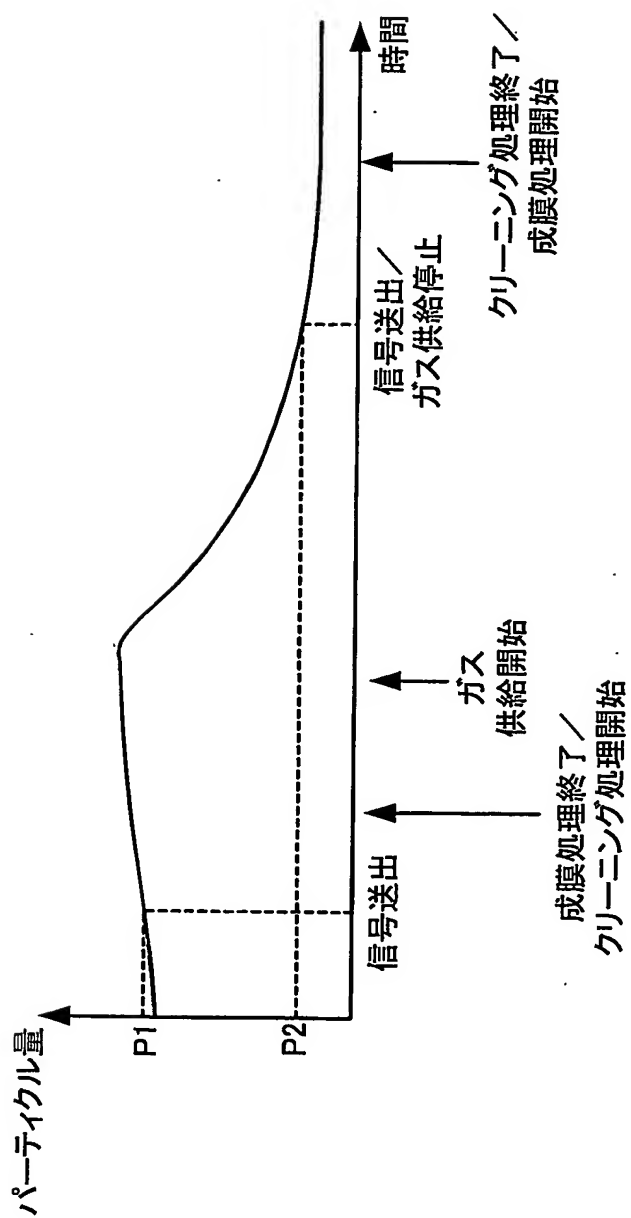


図7

8/9

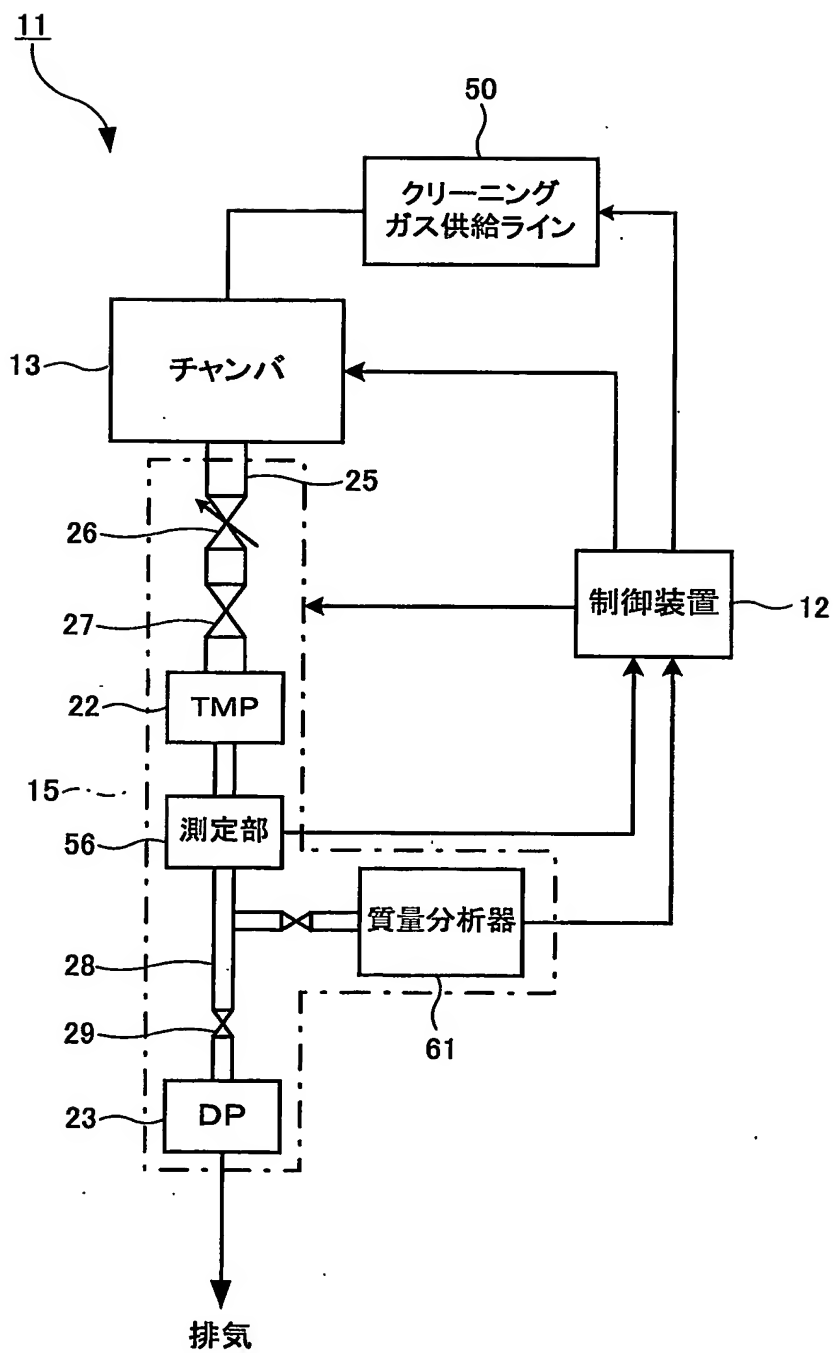


図8

9/9

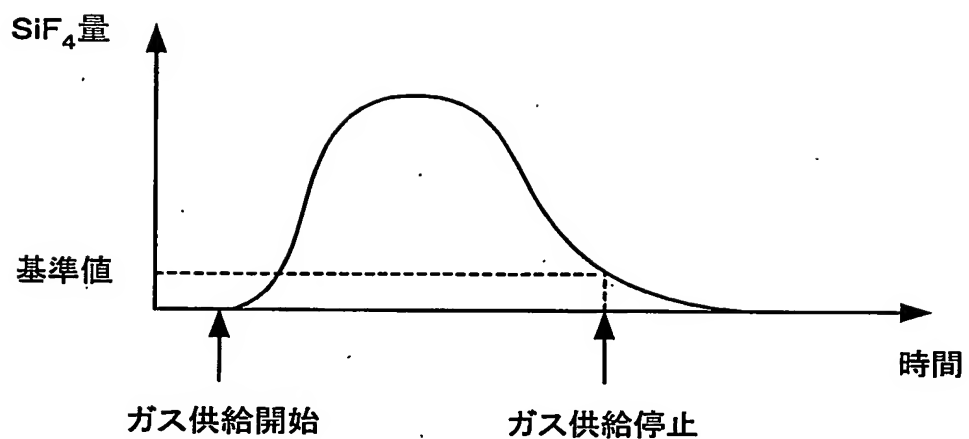


図9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/00363

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/283, H01L21/205, C23C16/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/283, H01L21/205, C23C16/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-161215 A (Sony Corp.), 13 June, 2000 (13.06.00), Fig. 2 (Family: none)	1-18
A	JP 2001-201375 A (Horiba, Ltd.), 27 July, 2001 (27.07.01), Fig. 2 (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 April, 2003 (22.04.03)

Date of mailing of the international search report  
06 May, 2003 (06.05.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> H 01 L 21/283、H 01 L 21/205、C 23 C 16/52

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>1</sup> H 01 L 21/283、H 01 L 21/205、C 23 C 16/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2000-161215 A (ソニー株式会社) 2000. 06. 13、図2 (ファミリーなし)	1-18
A	J P 2001-201375 A (株式会社堀場製作所) 200 1. 07. 27、図2 (ファミリーなし)	1-18

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22. 04. 03

国際調査報告の発送日

06.05.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 浩一



4 E

8 6 1 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3469